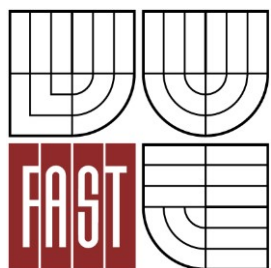


**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV GEODÉZIE**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF GEODESY

## **ZAMĚŘENÍ ÚDOLÍ POTOKA LUBĚ V ČÁSTI SKALIČKA - MALHOSTOVICE**

SURVEYING OF STREAM LUBĚ BETWEEN SKALIČKA AND MALHOSTOVICE

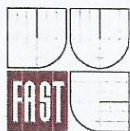
**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**MARTIN SMOLINKA**

**VEDOUcí PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. JIŘÍ VONDRÁK, Ph.D.**



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

**Studijní program**

B3646 Geodézie a kartografie

**Typ studijního programu**

Bakalářský studijní program s prezenční formou studia

**Studijní obor**

3646R003 Geodézie a kartografie

**Pracoviště**

Ústav geodézie

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**Student**

Smolinka Martin

**Název**

Zaměření údolí potoka Lubě v části Skalička -  
Malhostovice

**Vedoucí bakalářské práce**

Ing. Jiří Vondrák, Ph.D.

**Datum zadání  
bakalářské práce**

30. 11. 2015

**Datum odevzdání  
bakalářské práce**

27. 5. 2016

V Brně dne 30. 11. 2015

doc. RNDr. Miloslav Švec, CSc.  
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT



### **Podklady a literatura**

Fišer Z., Vondrák J.: Mapování II, CERM Brno, 2004

Bartoněk D.: Počítačová grafika, Brno 2000

Bartoněk D.: Vybrané kapitoly z počítačové grafiky, Brno 2002

Anderson J. M., Mikhail E. M.: Surveying, Theory and Practice, WCB McGraw - Hill, 1998

Kahmen H.: Angewandte Geodasie Vermessungs-kunde, Walter de Gruyter and Co., Berlin, 2006

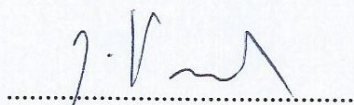
### **Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)**

V lokalitě Skalička vybudujte měřickou síť pro tachymetrické zaměření. Síť připojte do závazných referenčních systémů prostřednictvím bodů státního bodového pole. Realizujte podrobné měření tachymetrickou metodou. Získaná data zpracujte a na jejich základě vyhotovte tachymetrický plán. Výstupy práce připravte pro případné předání k tvorbě DMT.

### **Struktura bakalářské/diplomové práce**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. Jiří Vondrák, Ph.D.  
Vedoucí bakalářské práce

## **Abstrakt**

Cílem této bakalářské práce bylo polohopisné a výškopisné zaměření cyklostezky a potoka Lubě v katastrálním území Malhostovice mezi obcemi Malhostovice- Skalička. Na začátku měření byla zřízena měřická síť vycházející z bodů určených technologií GNSS. Podrobné body byly zaměřeny tachymetricky. Výsledkem je účelová mapa v měřítku 1: 500.

## **Klíčová slova**

Účelová mapa, tachymetrie, GNSS, potok, polohopis, výškopis

## **Abstract**

The aim of this thesis was to topographic and altitudinal plans MTB way and stream Lubě in cadastral Malhostovice between villages Malhostovice- Skalička. At the beginning it was necessary to create a surveying network, which was based on points set up with GNSS technology. Detail points were measured with tachometry method. The result is a thematic map in a scale 1 : 500.

## **Keywords**

Purpose map, tachymetry, GNSS, stream, topography, altimetry

### **Bibliografická citace VŠKP**

Martin Smolinka *Zaměření údolí potoka Lubě v části Skalička - Malhostovice*. Brno, 2016. 35 s., 8 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Jiří Vondrák, Ph.D.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 23.3.2016

.....  
podpis autora  
Martin Smolinka

### **Poděkování:**

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiří Vondrákovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky, dále pak spolužákům a známým, především Peterovi Kubovi, Mariánu Nedvědovi a Marku Syčovi za jejich pomoc při měřičských pracích.

# **OBSAH**

1	Úvod.....	10
2	Popis lokality .....	11
3	Teoretický základ.....	12
3.1	Účelová mapa .....	12
3.1.1.	Definice účelové mapy .....	12
3.1.2.	Obsah účelové mapy .....	12
4	Přípravné práce .....	13
4.1	Rekognoskace v terénu .....	13
4.2	Rekognoskace bodového pole .....	15
4.3	Závěr rekognoskace .....	16
5	Měřické práce .....	16
5.1	Použité přístroje .....	16
5.2	Vybudování pomocné měřické sítě.....	18
5.3	Měření podrobných bodů.....	20
6	Zpracování .....	21
6.1	Zpracování naměřených dat.....	22
6.1.1	Výpočet bodů určených metodou GNSS .....	22
6.1.2	Výpočet bodů pomocné měřické sítě.....	23
6.1.3	Výpočet podrobných bodů.....	23
6.2	Testování přesnosti .....	23
6.2.1	Testování přesnosti polohopisu .....	24
6.2.2	Testování přesnosti výškopisu .....	26
6.3	Grafické zpracování .....	28
6.3.1	Polohopis .....	28
6.3.2	Výškopis .....	29
7	Závěr .....	30



8	Seznam použité literatury .....	31
8.1	Tištěná literatura .....	31
8.2	Elektronická literatura.....	31
9	Seznam použitých zkratk .....	33
10	Seznam použitých obrázků a tabulek.....	34
9.1	Obrázky.....	34
9.2	Tabulky .....	34
11	Seznam příloh .....	35

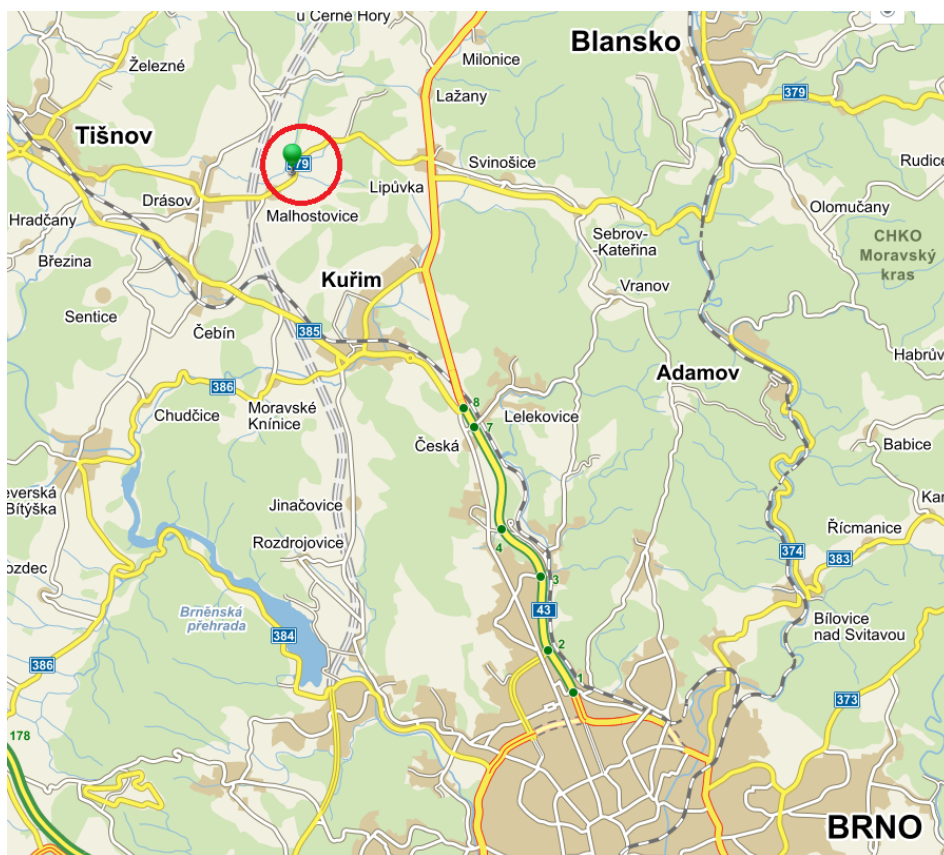
# 1 Úvod

Účelem této bakalářské práce je polohopisné a výškopisné zaměření cyklostezky a potoka Lubě a jejího okolí tachymetrickou metodou v lokalitě mezi obcemi Malhostovice a Skalička. Lokalita byla zadána vedoucím práce Ing. Jiřím Vondrákem, Ph.D. a přímo navazuje na lokalitu kolegy Petera Kuby.

V dané lokalitě byla vybudována pomocná měřická síť technologií GNSS. Měření bylo připojeno do závazného souřadnicového systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální (dále jen S-JTSK) a do závazného výškového systému Baltský- po vyrovnání (dále jen Bpv.). Podrobné body byly zaměřeny polární metodou. Zaměřená data byla zpracována v geodetickém výpočetním programu Groma v.11 a Microsoft Excel. Kresba byla vyhotovena v programu Bentley Microstation V8 a jeho nadstavbě MGEO. Pro vyjádření výškopisu byl využit program Kokeš a jeho nadstavba Atlas DMT. Měření bylo prováděno ve 3. třídě přesnosti podle normy ČSN 01 3410, Mapy velkých měřítek, základní a účelové mapy[1]. Výsledkem práce je účelová mapa v měřítku 1 : 500 podle normy ČSN 01 3411, Mapy velkých měřítek, základní a účelové mapy-kreslení a značky[2].

## 2 POPIS LOKALITY

Obec Malhostovice se nachází v okrese Brno- venkov v Jihomoravském kraji, přibližně 20km severně nad Brnem. Dnes se obec skládá ze dvou částí a to samotných Malhostovic a části Nuzířov.



Obr. 2 CHKO Moravský kras [a]

Cyklostezka vznikla pomocí projektu ROP pod názvem „Čebínkou na kole ze Zlobice pod Paní Horu“. Součástí projektu jsou tři stavby. Rozhledna – vyhlídkový ochoz na výškové budově v bývalém vojenském prostoru Zlobice, dále pak lesní hřiště nad Nuzířovem a zpevněná „Cesta v Luzích“ – cyklostezka podél toku Lubě do Skaličky, včetně malé lávky pro pěší a cyklisty přes vodní tok. V sobotu 21. listopadu 2009 obce Skalička a Malhostovice společně otevřely cyklostezku a u příležitosti otevření vysadili zastupitelé obcí u paty lávky mladou lípu jako památku na společně dokončené dílo. Výše popsany projekt plynule navazuje na již dokončené projekty „Zpevnění polních cest v k. ú. Malhostovice a k.ú. Nuzířov“ a na již otevřený úsek cyklostezky „Malhostovice – Kuřim“. Dnes lze říci, že mikroregion Čebínka a obec Malhostovice, se svou místní částí Nuzířov, mají napojení po zpevněných cestách

a cyklostezkách jak na sousední město Kuřim, tak na sousední obce Drásov, Skalička a Čebín a dále na Blanensko. [b]

Cyklostezka má délku 2,2km a jejími zajímavými body na trase mohou být např. zřícenina hradu Trmačov z druhé poloviny 15. století nebo Paní hora- výrazný zalesněný masív vybíhající do rovinatější Boskovické brázdy[c].

### **3 TEORETICKÝ ZÁKLAD**

#### **3.1 ÚČELOVÁ MAPA**

##### **3.1.1. Definice účelové mapy**

Jedná se o mapy velkého měřítka (1:500 a větší). Účelové mapy jsou takové, které obsahují kromě topografických prvků podkladové mapy i zakres dalších předmětů mapování pro předem definovaný účel. Slouží k podrobné lokalizaci jevů a objektů na povrchu, pod povrchem i nad povrchem země. Účelové mapy se tvoří přímým měřením a zobrazováním, případně přepracováním nebo odvozením ze stávajících map. V největší míře je jejím polohopisným podkladem katastrální mapa.

Výsledkem tvorby účelové mapy může být mapa grafická, číselná nebo digitální. Volba třídy přesnosti účelové mapy a volba měřítka vychází z účelu, pro který je mapa tvořena.

##### **3.1.2. Obsah účelové mapy**

Účelová mapa obsahuje geodetické body, polohopis, výškopis a popis. Obsah účelové mapy se řídí postupem, pro který je mapa tvořena. [3]

#### **Polohopis**

Jako polohopis mapy označujeme soubor bodových, liniových a plošných mapových znaků, které v mapě vyjadřují průmět bodových, liniových a plošných objektů a jevů do roviny mapy prostřednictvím kartografických zobrazení. Z obsahového hlediska jej tvoří vodstvo, hranice, pozemní komunikace, technické objekty apod.[4]

## Výškopis

Jako výškopis označujeme skupinu kartografických prvků, které jsou schopny vyjádřit výškové poměry zobrazeného území. [4]

## Popis

Popis mapy představuje soubor všech geografických názvů, zkratek, různých alfanumerických údajů a slovních doplňků. Je tvořen například názvy měst, ulic, čísel popisných apod.[4]

## 4 PŘÍPRAVNÉ PRÁCE

### 4.1 REKOGNOSKACE V TERÉNU

Před vlastním měřením proběhla rekognoskace terénu (10.10.2014), která obsahovala seznámení se zadanou lokalitou. Rekognoskace byla provedena pochůzkou v terénu s vedoucím práce, jejímž účelem bylo získání informací potřebných k mapování a vyslechnutí konkrétních požadavků na vyhotovení. Hranice měřené lokality byly stanoveny vedoucím bakalářské práce společně pro mě i kolegu Petera Kuba. Zájmové území začíná na začátku cyklostezky od veřejné komunikace druhé třídy č. 379 mezi obcemi Malhostovice a její územní částí Nuzířov a končí značkou, v mapě zaměřenou pod čísly 1859 a 1860.



**Obr. 4.1** Cyklostezka



Obr. 4.2 Lokalita 1[d]

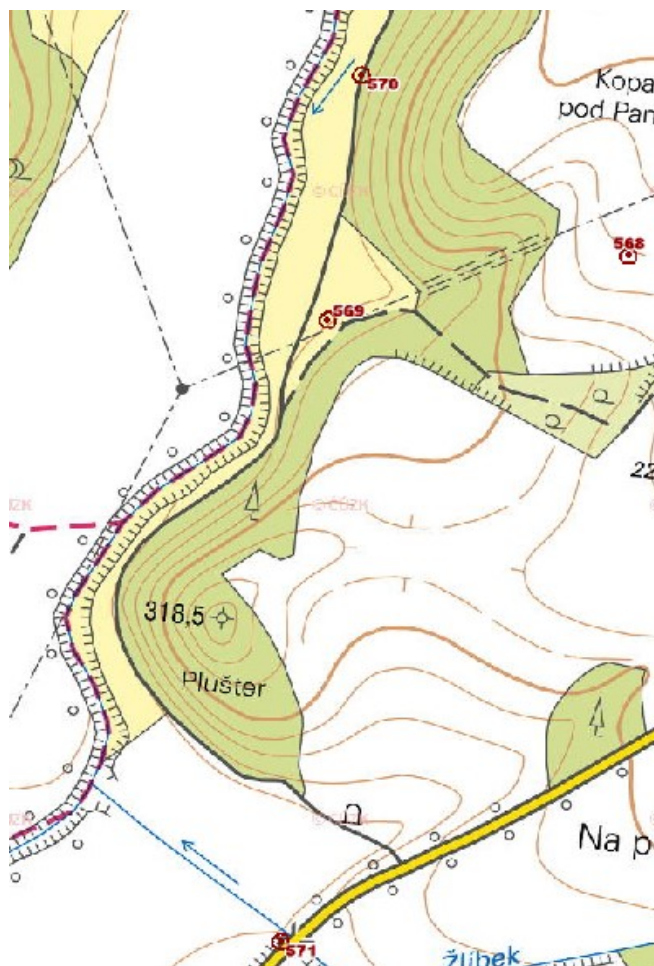


Obr 4.3 Lokalita 2



## 4.2 REKOGNOSKACE BODOVÉHO POLE

Před započítím měřických prací bylo nutné rekognoskovat bodové pole v dané oblasti, ze kterého by bylo možné vycházet při vytváření pomocné měřické sítě. Tyto body jsou nutné pro připojení pomocné měřické sítě do souřadnicového systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) a do výškového systému Balt po vyrovnání (Bpv). Geodetické základy v České republice spravuje Zeměměřický úřad a geodetické údaje o bodech lze získat z oficiálních internetových stránek Českého úřadu zeměměřického a katastrálního. [e]



Obr 4.4 Bodové pole [f]

V dané lokalitě se nacházejí 3 body podrobného polohového bodového pole. Jsou to



Obr. 4.5 PPBP č. 569

body ozn. čísl 569, 570 a 571. Body 570 a 571 se nepodařilo dohledat a bod 569 byl zničen.



### 4.3 ZÁVĚR REKOGNOSKACE

Výsledkem rekognoskací bylo získání přehledu o lokalitě. Rekognoskace terénu a bodového pole nám umožnila rozvrhnout postup práce, navrhnout měřickou síť, způsob měření a zvolit pomůcky.

## 5 MĚŘICKÉ PRÁCE

### 5.1 POUŽITÉ PŘÍSTROJE

Vybavení, které bylo použito v rámci mapovacích prací, bylo zapůjčeno z Fakulty stavební VUT v Brně.

Totální stanice Topcon GPT-3003N (v. č. 4D0513, 4D0510, 4D0515)

Stativ Leica dřevěný

Hranol Topcon

Výtyčka

**Tab. 1 Parametry totální stanice Topcon GPT-3003N [g]**

zvětšení	30x
Min. zaostření	1.3 m
dosah dálkoměru	3000m
přesnost měření délek	$\pm (3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \times D)$
měření úhlů	3"



**Obr. 5.1 Totální stanice  
Topcon GPT 3003N**

Přijímač GNSS-RTK Trimble R4 (v.č.5328440051)

+ příslušenství

Poloha	$\pm 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$
Výška	$\pm 20 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$

**Tab. 2 Parametry přijímače Trimble R4 [i]**



**Obr. 5.2 GNSS přijímač Trimble R4 [i]**

Před započítím prací byla vždy ověřena funkčnost pomůcek. U totální stanice proběhla před započítím měření kontrola součtové konstanty a nastavení atmosférických vlivů pro výpočet fyzikálních korekcí. Výtyčky pro terč a GNSS přijímač byly přeměřeny metrem a GNSS přijímač byl ověřen na blízkém zhušťovacím bodu č. 228.

Zhb č. 228	souřadnice		
	y[m]	x[m]	h[m. n. m.]
z ČÚZK	603292,65	1143614,89	312,40
z GNSS přijímače	603292,63	1143614,90	312,39
rozdíl	0,02	-0,01	0,01

**Tab. 3 Kontrola GNSS přijímače**

Polohová odchylka  $\Delta p$  vypočítaná podle vztahu  $\Delta p = \sqrt{(\Delta x^2 + \Delta y^2)}$ , (5.1)

kde  $\Delta x = x_{z \text{ ČÚZK}} - x_{z \text{ GNSS}}$  a  $\Delta y = y_{z \text{ ČÚZK}} - y_{z \text{ GNSS}}$

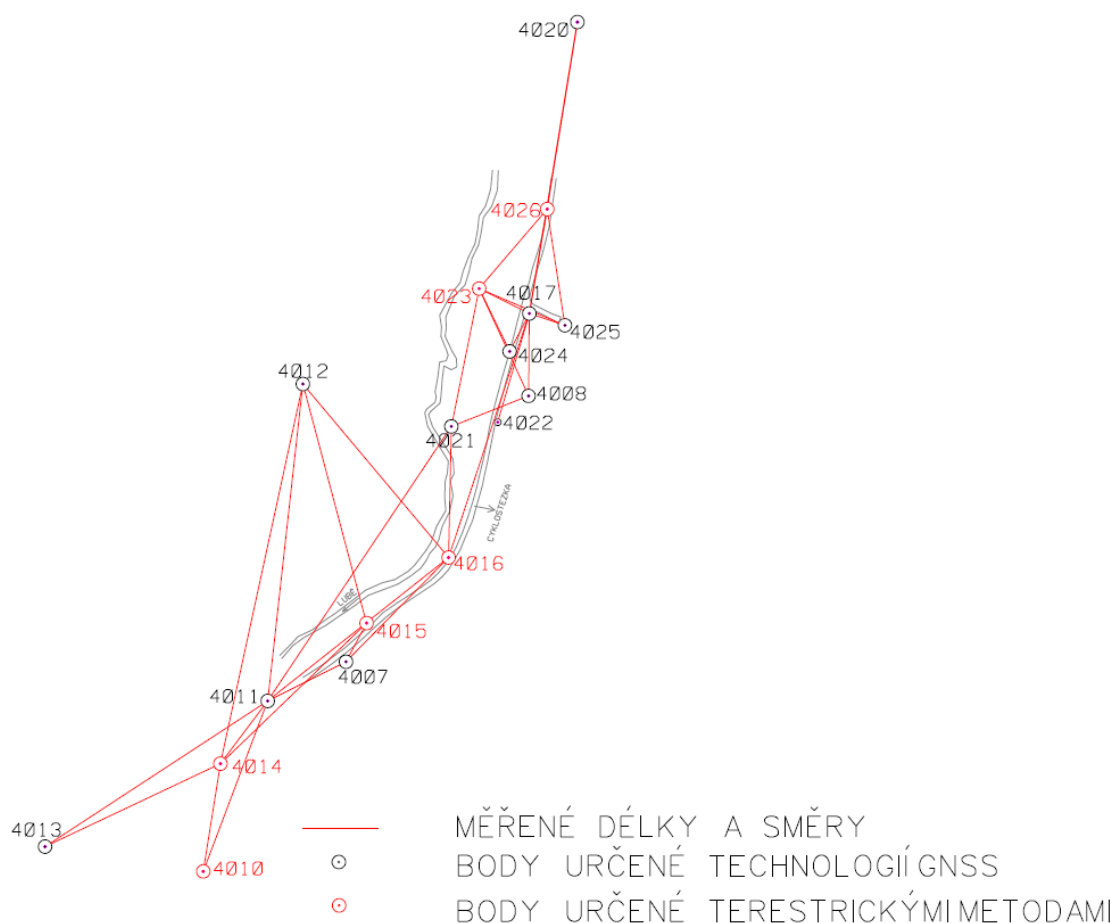
$$\Delta p = 2 \text{ cm}$$

A výšková odchylka  $\Delta H$  vypočítaná podle vzorce  $\Delta H = h_{z \text{ ČÚZK}} - h_{z \text{ GNSS}}$

$$\Delta H = 1 \text{ cm}$$

## 5.2 VYBUDOVÁNÍ POMOCNÉ MĚŘICKÉ SÍTĚ

Kvůli prakticky žádnému možnému připojení na blízký bod bodového pole geodetického základu české republiky bylo nutné vybudovat novou měřickou síť. 11 bodů pomocné sítě bylo určeno metodou GNSS-RTK, což umožnilo přímé připojení sítě do souřadnicového systému S-JTSK. Všechny tyto body byly nejméně dvakrát nezávisle změřeny za dodržení podmínky dostatečně odlišné konstelace družic. Body byly měřeny metodou podrobného bodu s nejkratší dobou observace 30 sekund. Protokoly a výpočty týkající se GNSS se nachází v příloze č. 02.01\_gps\_protokol. Body 4010, 4014, 4015, 4016, 4023 a 4026 určené polární metodou byly zvoleny tak, aby dostatečně zhuštěli síť pomocných bodů a tím bylo možné zajistit kvalitní konfigurace pro měření podrobných bodů. Úhly a délky v měřické síti jsou zpravidla měřeny ve dvou polohách dalekohledu. Za vhodný způsob stabilizace byly zvoleny dřevěné kolíky.



Obr. 5.3 Přehledný náčrt bodového pole

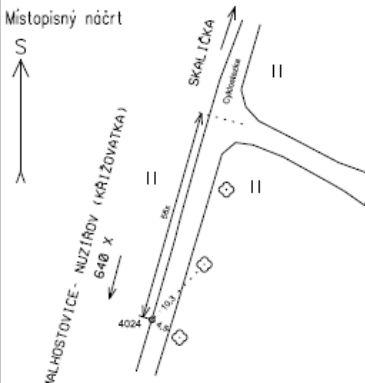
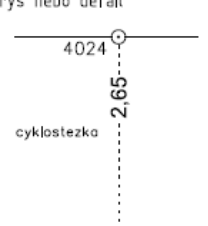
Jelikož na mou lokalitu budou navazovat v budoucnu další studenti, byly body č.4024 a 4025 trvale stabilizovány. K bodům byly vytvořeny geodetické údaje, které se nacházejí v příloze č.07\_geodetické údaje.

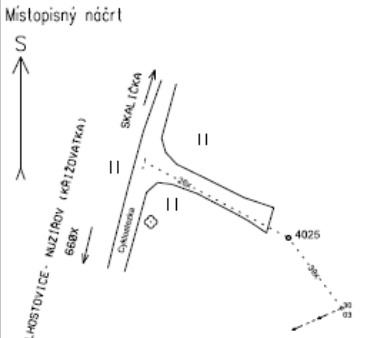

## GEODETICKÉ ÚDAJE O BODU PODROBNÉHO BODOVÉHO POLE

Kat.území: 6909II Malhostovice

Obec: Malhostovice

Okres: Brno-Venkov

Bod 4024	Bod zřídil (jméno, rok): Smolínka, 2014	Y	603 574,95	SM5	Tišnov 1-1
Kód kv.: 3	Platnost od: 8.II.2014	X	1 143 466,90	Místopisný náčrt	
Popis, způsob stabilizace a určení bodu <i>Bod je stabilizován roxorem na okraji cyklostezky asi 640 kroků od křižovatky Malhostovice- Nuziřov</i> <i>Bod určen 2014 GNSS</i>		Nadm. výška (Bpv)	282,64		
Poznámka:		Nárys nebo detail 			

Bod 4025	Bod zřídil (jméno, rok): Smolínka, 2014	Y	603 542,96	SM5	Tišnov 1-1
Kód kv.: 3	Platnost od: 8.II.2014	X	1 143 451,80	Místopisný náčrt	
Popis, způsob stabilizace a určení bodu <i>Bod je stabilizován roxorem za okrajem slepé části cyklostezky asi 660 kroků od křižovatky Malhostovice- Nuziřov</i> <i>Bod určen 2014 GNSS</i>		Nadm. výška (Bpv)	283,77		
Poznámka:		Nárys nebo detail 			

**Obr. 5.4 Geodetické údaje**

### 5.3 MĚŘENÍ PODROBNÝCH BODŮ

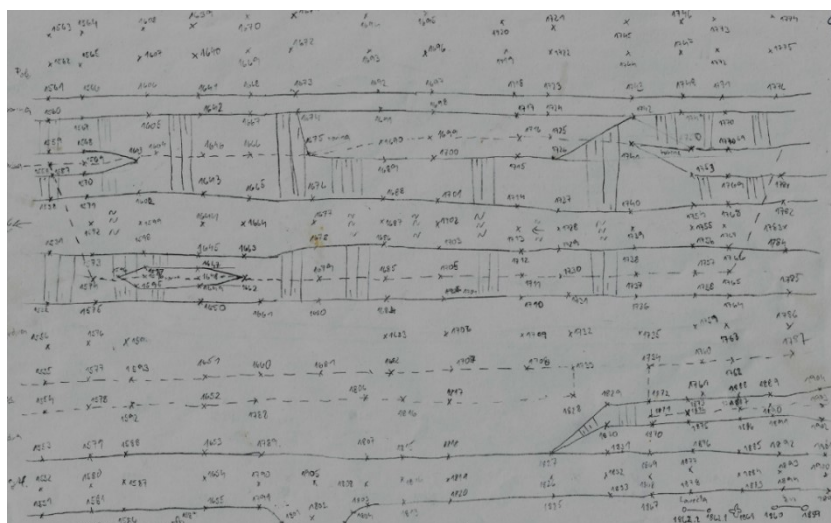
Po zbudování měřické sítě se přistoupilo k podrobnému zaměření. Mapování probíhalo dle normy ČSN 01 3410 Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy [2]. Mapovalo se metodou tachymetrie, což je metoda, kterou se určuje výška i poloha bodu současně. Poloha bodů se získá měřením polárních souřadnic (vodorovný úhel, svislý úhel a délky ze stanoviska k jednotlivým bodům). Převýšení mezi určovaným bodem a stanoviskem se počítají z měřené délky a zenitového úhlu. Okruh území, které lze zaměřit z jednoho stanoviska, je omezen dosahem dálkoměrů, tvarem terénu, porostem a zpravidla nepřesahuje několik set metrů. [5]

Předmětem zaměření mé práce bylo rozhraní vozovky, rozhraní potoka, ostatní rozhraní, jednotlivé stromy, které byly vysazeny při budování cyklostezky, nadzemní vedení vysokého napětí, včetně sloupů, značky a další objekty.

Pro vystihnutí průběhu terénu byly měřeny význačné body terénu a hrany terénních stupňů. V plochách monotónního spádu byly podrobné body měřeny tak, aby tvořily čtvercovou síť o straně 2-3 cm v měřítku mapy, což odpovídá 10-15m v terénu.

Z každého stanoviska se v dostatečném počtu zaměřily identické body, které ve výsledku tvořily 10% z celkového počtu. Jelikož v terénu nebyly jednoznačně identifikovatelné body, jako identické body byly zvoleny kolíky, které se rozprostřely, jak jen to bylo možné, po celé lokalitě.

Při podrobném měření byl veden měřický náčrt, podle kterého byla následovně vyhotovena kresba. Adjustované náčrty a přehled jejich kladů se nachází v příloze č.09\_měřické náčrty.



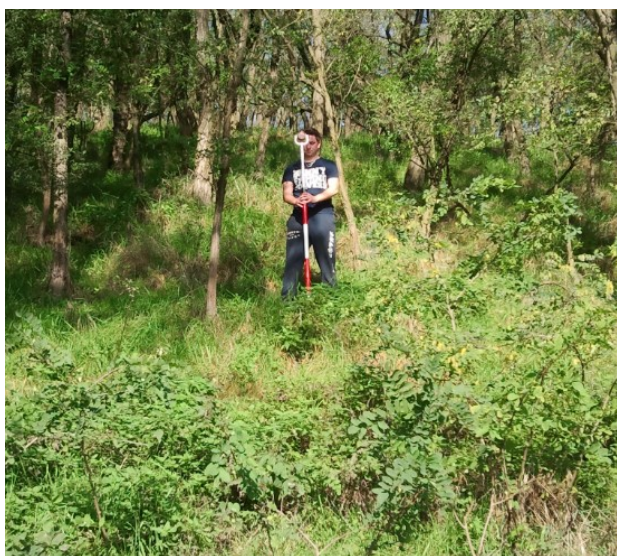
Obr. 5.5 vedení náčrtu během měření



**Obr. 5.6 Podrobné měření 1**



**Obr. 5.7 Podrobné měření 2**



**Obr. 5.8 Podrobné měření 3**

## **6 ZPRACOVÁNÍ**

Po zaměření následovalo zpracování naměřených dat. Tedy výpočet bodů naměřených metodou GNSS, výpočet rajonů a výpočet podrobných bodů.

Měřená data z totální stanice byla stáhnuta do počítače programem geoman. Výstupem byl zápisník měření v textovém souboru poznámkového bloku s příponou \*.zap. Oprava o korekce byla zavedena při stahování dat z totální stanice do počítače.

Měřená data s GNSS přijímače byla exportována po každém měření do vnitřní paměti přístroje a následně stažena prostřednictvím synchronizace zařízení fungujících na systémech Windows.

V další fázi byla vytvořena účelová mapa s vrstevnicemi.



## 6.1 ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT

### 6.1.1 Výpočet bodů určených metodou GNSS

Touto metodou bylo určeno 10 bodů pomocné měřické sítě. Všechna 10 měření proběhlo úspěšně a nebylo tedy nutné měření opakovat nebo ověřit bod terestrickou metodou. Tímto způsobem byly vypočteny dvojí souřadnice bodů v souřadnicovém systému ETRS-89, které pak byly globální transformací převedeny do souřadnicového systému S-JTSK. Z dvojích souřadnic pak byly aritmetickým průměrem určeny výsledné souřadnice bodů.

číslo bodu	první určení			druhé určení		
	Y	X	H	Y	X	H
4007	603669,64	1143646,31	281,10	603669,66	1143646,33	281,09
4008	603564,00	1143492,61	282,84	603564,00	1143492,62	282,85
4011	603714,98	1143668,98	280,86	603714,98	1143668,96	281,00
4012	603694,60	1143485,76	282,68	603694,59	1143485,76	282,70
4013	603843,81	1143753,20	280,96	603843,82	1143753,20	280,97
4017	603563,56	1143444,96	283,14	603563,55	1143444,97	283,18
4020	603535,72	1143276,46	283,93	603535,76	1143276,47	283,91
4021	603608,70	1143510,29	281,49	603608,67	1143510,28	281,46
4022	603581,82	1143507,82	282,66	603581,83	1143507,82	282,67
4024	603574,95	1143466,89	282,65	603574,94	1143466,90	282,62
4025	603542,96	1143451,79	283,78	603542,95	1143451,80	283,76

číslo bodu	výsledné souřadnice		
	Y	X	H
4007	603669,65	1143646,32	281,10
4008	603564,00	1143492,62	282,85
4011	603714,98	1143668,97	280,93
4012	603694,60	1143485,76	282,69
4013	603843,82	1143753,20	280,97
4017	603563,56	1143444,97	283,16
4020	603535,74	1143276,47	283,92
4021	603608,69	1143510,29	281,48
4022	603581,83	1143507,82	282,67
4024	603574,95	1143466,90	282,64
4025	603542,96	1143451,80	283,77

**Tab. 4 Souřadnice bodů určených metodou GNSS**



### 6.1.2 Výpočet bodů pomocné měřické sítě

Souřadnice bodů pomocné měřické sítě, tedy rajony a volná stanoviště, byly vypočteny v programu Groma v.11. S ohledem na měření orientací ve dvou polohách dalekohledu musela být nejdříve tato měření zpracována. Pomocí funkce *Zpracování zápisníku- zpracování měření ve dvou polohách* byla tato měření opravena. Protokoly o výpočtu jsou uvedeny v příloze č.02.02 \_protokol \_bodove \_pole.

### 6.1.3 Výpočet podrobných bodů

Souřadnice bodů byly opět vypočítány v programu Gromav.11 a to za pomoci funkce *Polární metoda dávkou*. Všechny vypočítané souřadnice a výšky jsou určeny v metrech na dvě desetinná místa, výšky na nezpevněném povrchu byly zaokrouhleny na jedno desetinné místo při importu výšek do mapy. Protokoly o výpočtu podrobných bodů jsou vedeny v příloze č.02.03 \_protokol \_podrobne \_body.

## 6.2 TESTOVÁNÍ PŘESNOSTI

Po výpočtu souřadnic a výšek podrobných bodů se kontroluje dosažená přesnost měření. Testování přesnosti bylo provedeno podle normy ČSN 01 3410 Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy. Testování bylo provedeno nezávislým kontrolním zaměřením a výpočtem souřadnic a výšek vybraných podrobných bodů a jejich porovnáváním s výslednými souřadnicemi a výškami. Tyto body budeme dále nazývat identickými body. Testuje se zvláště dosažená přesnost polohová a výšková. Podrobné body se pro ověření přesnosti vyberou následovně:

- a) Jsou jednoznačně identifikovatelné v terénu
- b) Tvoří reprezentativní výběr
- c) Jsou rozmístěny po celém území
- d) Nezahrnují body umístěné v bezprostřední blízkosti bodů bodového pole, které byly použity při tvorbě nebo údržbě mapy. [6]

Přesnost výsledků tvorby a údržby mapy se stanoví pomocí charakteristik přesnosti a kritérií přesnosti. Charakteristikou přesnosti určení souřadnic  $x$  a  $y$  podrobných bodů je základní souřadnicová chyba  $m_{x,y}$ . Souřadnice podrobných bodů v území, kde je vytvářena mapa v jedné třídě přesnosti musí být určeny tak, aby  $m_{x,y}$  nepřekročila kritérium  $u_{x,y}$ .

Charakteristikou přesnosti určení výšek  $H$  podrobných bodů je základní střední výšková chyba  $m_h$ . Výšky podrobných bodů v jedné třídě přesnosti musí být určena tak, aby  $m_h$  nepřekročila kritérium  $u_h$  a u bodů na nezpevněném povrchu nepřekročila kritérium  $3 \times u_h$ . Vrstevnice musí být sestrojeny a zobrazeny tak, aby z nich bylo možno určit výšky bodů terénního reliéfu tak, aby charakteristika  $m_h$  těchto bodů nepřekročila  $u_v$  (pro 3. třídu přesnosti dosahuje  $u_v$  hodnoty  $u_v=50\text{m}$ ). [7]

### 6.2.1 Testování přesnosti polohopisu

Dosažení přesnosti určení souřadnic podrobných bodů se ověřuje:

- a) Kontrolním zaměřením délek přímých spojnic bodů výběru a jejich porovnáním z délkami vypočítanými ze souřadnic
- b) Nezávislým kontrolním zaměřením a výpočtem souřadnic výběru podrobných bodů a jejich porovnání s výslednými souřadnicemi.

V rámci této bakalářské práce byl využit pouze druhý způsob testování přesnosti souřadnic.

Pro testování přesnosti určení souřadnic  $x, y$  podrobných bodů se vypočítají pro body reprezentativního výběrového souboru rozdíly souřadnic

$$\Delta x = x_m - x_k \quad \Delta y = y_m - y_k, \quad (5.2)$$

Kde  $x_m, y_m$  jsou výsledné původní souřadnice podrobného bodu polohopisu a  $x_k, y_k$  jsou souřadnice téhož bodu z kontrolního měření.

Dosažení stanovené přesnosti se testuje pomocí výběrové střední souřadnicové chyby  $s_{xy}$  vypočítané jako kvadratický průměr středních chyb souřadnic  $s_x, s_y$ , které se určí ve výběru o rozsahu  $N$  bodů ze vztahů

$$\sqrt{\frac{1}{kN} \sum_{j=1}^N \Delta x_j^2}, \quad \sqrt{\frac{1}{kN} \sum_{j=1}^N \Delta y_j^2} \quad (5.3)$$

Hodnota koeficientu  $k$  v (5.3) je rovna 2, pokud má kontrolní určení stejnou přesnost jako metoda měření polohopisu.

Přesnost se pokládá za vyhovující pokud

-Polohové odchylky  $\Delta p$ , vypočítané ze vztahu

$$\Delta p = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}, \quad (5.4)$$

Vyhovují kritériu

$$|\Delta p| \leq 1,7 u_{xy}, \quad (5.5)$$

a současně je přijatá statistická hypotéza, že výběr přísluší stanovené třídě přesnosti, tj výběrová střední souřadnicová chyba  $s_{xy}$  vypočítaná ze vztahu

$$s_{xy} = \sqrt{0,5(s_x^2 + s_y^2)} \quad (5.6)$$

Vyhovuje kritériu

$$s_{xy} \leq \omega_{2n} u_{xy},$$

Kde  $u_{xy}$  má hodnotu dle 3. třídy přesnosti, nabývá tedy hodnoty  $u_{xy}=0,14\text{m}$ . Hodnotu  $s_{xy}$  získáme ze vztahu (5.6) a hodnota koeficientu při volbě hladiny významnosti  $\alpha=5\%$  a při počtu bodů  $N=100$  má hodnotu  $\omega_{2n} = 1,1$ . Všechny identické body vyhověly podmínkám a určení polohopisu můžeme tedy pokládat za správné. [6]

číslo bodu	první měření		druhé měření		$\Delta Y$ [m]	$\Delta X$ [m]	$\Delta p$ [m]	$ \Delta p  \leq 1,7 * u_{xy}$
	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]				
1908	603662,12	1143629,30	603662,14	1143629,32	0,02	0,02	0,03	vyhovuje
1046	603665,57	1143632,98	603665,58	1143633,00	0,01	0,02	0,02	vyhovuje
1047	603669,44	1143636,65	603669,45	1143636,67	0,01	0,02	0,02	vyhovuje
1048	603672,43	1143639,09	603672,44	1143639,12	0,01	0,03	0,03	vyhovuje
1049	603679,24	1143641,20	603679,26	1143641,23	0,02	0,03	0,04	vyhovuje
1050	603684,72	1143645,24	603684,74	1143645,26	0,02	0,02	0,03	vyhovuje
1051	603682,46	1143656,44	603682,47	1143656,47	0,01	0,03	0,03	vyhovuje
1052	603678,26	1143653,54	603678,27	1143653,56	0,01	0,02	0,02	vyhovuje
1053	603672,78	1143649,59	603672,79	1143649,60	0,01	0,01	0,01	vyhovuje
1054	603674,94	1143646,45	603674,97	1143646,47	0,03	0,02	0,04	vyhovuje
1055	603667,51	1143645,29	603667,52	1143645,32	0,01	0,03	0,03	vyhovuje
1056	603663,90	1143642,14	603663,92	1143642,17	0,02	0,03	0,04	vyhovuje
1057	603660,73	1143639,20	603660,75	1143639,22	0,02	0,02	0,03	vyhovuje

Tab. č. 5 Ukázka testování přesnosti polohopisu

**1. podmínka:**  $|\Delta p| \leq 1,7 * u_{xy}$

$$1,7 * u_{xy} = 0,24$$

vyhovuje pro:	100/100	bodů	100 %
nevyhovuje pro:	0/100	bodů	0

$\Delta p$	největší	0,07m
	průměrná	0,03m

**podmínka splněna**

**Tab. č. 6 Testování polohopisu**

**2. podmínka:**

$s_{xy} \leq \omega_{2N} * u_{xy}$
$\omega_{2N} = 1,1$
$u_{xy} = 0,14 \text{ m}$

$s_{xy} \leq \omega_{2N} * u_{xy}$
$0,016\text{m} \leq 0,154\text{m}$

**podmínka splněna**

**Tab. č. 7 Testování polohopisu**

### 6.2.2 Testování přesnosti výškopisu

Pro testování přesnosti výšek podrobných bodů se pro body výběrového souboru vypočtou rozdíly výšek

$$\Delta H = H_m - H_k, \quad (5.7)$$

kde  $H_m$  je původní výška podrobného bodu a  $H_k$  je výška téhož bodu z kontrolního měření.

Dosažené stanovené přesnosti se testují pomocí výběrové střední výškové chyby  $s_H$ , vypočítané ze vztahu

$$s_H = \sqrt{\frac{1}{kN} \sum_{j=1}^N \Delta H_j^2} \quad (5.8)$$

Přesnost určení výšky se pokládá za vyhovující, když:

1. Hodnoty rozdílů výšek  $\Delta H$  vypočteny podle výše uvedeného vzorce odpovídají kritériu  $|\Delta H| \leq 2u_H\sqrt{k}$
2. Je přijata statistická hypotéza, že výběr přísluší stanovené třídě přesnosti, tj. výběrová střední výšková chyba  $s_H$  je vypočítaná podle vztahu (5.8) a vyhovuje kritériu  $s_H \leq 3\omega_N u_H$  na nezpevněném povrchu

$$s_H \leq \omega_N u_v \text{ pro výšky určené z vrstevnic}$$

Mezní kritérium pro určení výšky bodu  $u_H$  a  $u_v$  jsou dány třídou přesnosti určovaných bodů, v našem případě tedy  $u_H=0,12\text{m}$  a  $u_v=0,50\text{m}$ . Koeficient  $\omega_N$  má při volbě významnosti  $\alpha=5\%$  hodnotu  $\omega_{2N} = 1,1$  pro výběr o rozsahu  $N=100$  bodů. Všechny identické body vyhověly podmínkám a určení výškopisu tedy můžeme pokládat za správné. [6]

1908	281,74	281,82	-0,08	vyhovuje
1046	281,71	281,78	-0,07	vyhovuje
1047	281,67	281,75	-0,08	vyhovuje
1048	281,60	281,68	-0,08	vyhovuje
1049	281,49	281,57	-0,08	vyhovuje
1050	281,48	281,52	-0,04	vyhovuje
1051	281,22	281,31	-0,09	vyhovuje
1052	281,40	281,48	-0,08	vyhovuje
1053	281,31	281,39	-0,08	vyhovuje
1054	281,54	281,63	-0,09	vyhovuje
1055	281,37	281,46	-0,09	vyhovuje
1056	281,50	281,59	-0,09	vyhovuje
1057	281,53	281,63	-0,10	vyhovuje
1058	281,56	281,67	-0,11	vyhovuje
1059	283,04	283,14	-0,10	vyhovuje

**Tab. č. 8 Ukázka testování přesnosti výškopisu**

**1. Podmínka**

$\Delta H \leq 2 * \sqrt{k * u_H}$
$k=2$
$2 * \sqrt{k * u_H} = 0,34$

Vyhovuje pro:	100/100 bodů	100%
Nevyhovuje pro:	0/100 bodů	0%

největší dosažená výšková odchylka  $\Delta H_{max}$ :

$\Delta H_{max}$	0,19m
číslo bodu	1835

**Podmínka splněna**

**Tab. č. 9 Testování přesnosti výškopisu**

**2. podmínka**

$s_H \leq 3\omega_{2N}u_H$
$\omega_N = 1,15$
$3\omega_N u_H = 0,40\text{m}$

$s_H \leq 3\omega_{2N}v$
$0,04\text{m} \leq 0,40\text{m}$

**Podmínka splněna**

**Tab. č. 10 Testování přesnosti výškopisu**

## 6.3 GRAFICKÉ ZPRACOVÁNÍ

Jak již bylo uvedeno, výsledkem této bakalářské práce je účelová mapa v měřítku 1:500. Vyhotovení této mapy probíhalo s normou ČSN 01 3411 *Mapy velkých měřítek. Kreslení a značky* a to za pomoci programu MicroStation PowerDraft V8i. Všechny atributy pro kresbu jsou obsaženy jako příloha č.06\_atributy, analogová podoba účelové mapy je označena jako příloha 08.03\_ucelova\_mapa\_kresba.pdf a v digitální podobě je pak umístěna v příloze 08.01\_ucelova\_mapa\_kresba.dgn.

### 6.3.1 Polohopis

Jako první byl vytvořen výkres 08.02\_ucelova\_mapa\_body.dgn obsahující podrobné body, které byly importovány do výkresu pomocí nástavby Gromav.11 v programu MicroStation PowerDraft V8i.

Následně byl vytvořen výkres 08.01\_ucelova\_mapa\_kresba.dgn taktéž v programu MicroStation, který je určen pro kresbu. K tomuto výkresu byl referenčně připojen výkres s podrobnými body a tím mohlo být realizováno vykreslení polohopisu za pomoci měřického náčrtu a tabulky atributů pro kresbu. Polohopis mapy obsahuje lomové čáry, mapové značky, popisné informace, body pomocné měřické sítě,





## 7 ZÁVĚR

Výsledkem této bakalářské práce je účelová mapa vyjadřující polohopis a výškopis zadané lokality v měřítku 1 : 500. Do budoucna bude mapa sloužit pro potřeby obecního úřadu Malhostovice.

Po zajištění potřebných podkladů a rekognoskaci terénu byla vybudována pomocná měřická síť. Do souřadnicového systému JTSK a výškového systému Bpv byla připojena pomocí bodů určených technologií GNSS a rajónů. Z těchto bodů byly tachymetricky zaměřeny podrobné body tak, aby splňovaly kritéria přesnosti dané 3. třídou přesnosti dle ČSN 01 3410 Mapy velkých měřítek: Základní a účelové mapy. Mapování proběhlo v létě a na podzim roku 2014 a bylo rozděleno do dvou etap. V první etapě byla vybudována pomocná měřická síť a ve druhé bylo zaměřeno celkem 1006 podrobných bodů.

Kancelářské práce byly prováděny po každém měření. Jako první byla stažena naměřená data a zavedeny matematické korekce. Následovaly výpočty souřadnic a výšek v geodetickém programu Groma v.11. Grafické zpracování polohopisu bylo uskutečněno v softwarech MicroStation Powerdraft V8i a Mgeo. Po ukončení podrobného mapování a tvorby polohopisné části mapy bylo přistoupeno k vytvoření vrstevnic pomocí softwarů Atlas DMT a Kokeš. Při tvorbě mapy bylo postupováno podle ČSN 01 3411 Mapy velkých měřítek: Kreslení a značky.

Součástí bakalářské práce je i několik příloh (viz. kapitola 11 – Seznam příloh). Veškeré přílohy jsou vyhotoveny v digitální podobě, technická zpráva, geodetické údaje o pomocných měřických bodech, mapa, náčrty, přehled kladu náčrtů a přehledný náčrt pomocné měřické sítě budou mít i podobu tištěnou.

## **8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

### **8.1 TIŠTĚNÁ LITERATURA**

[1] ČSN 01 3410. MAPY VELKÝCH MĚŘÍTEK: Základní a účelové mapy. Praha: Vydavatelství norem, 1990.

[2] ČSN 01 3411. MAPY VELKÝCH MĚŘÍTEK: Kreslení a značky. Praha: Vydavatelství norem, 1990.

[3] PLÁNKA, L. Kartografie a základy GIS – Státní mapové dílo. VUT FAST Brno 2006.

[4] PLÁNKA, L. Kartografie a základy GIS – Kartografická interpretace. VUT FAST Brno 2006.

[5] VONDRÁK, J. Geodézie II. Modul 01. Geodetická cvičení II. VUT v Brně 2004.

[6] FIŠER Z, VONDRÁK J., Mapování 1. VUT v Brně 2005

[7] KALVODA. P. Návod pro tvorbu účelové mapy. VUT v Brně 2013

### **8.2 Elektronická literatura**

[a] Mapa [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z:

<https://mapy.cz/zakladni?x=16.4851946&y=49.2715151&z=12&q=Malhostovice>

[b] Malhostovice: info [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.vox-cz.cz/index.php?ID=8947>

[c] Cyklostezka [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.cyklo-jizni-morava.cz/cebinka---trasa-skalicka---malhostovice>

[d] Mapa [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <https://mapy.cz/letecka?planovani-trasy&x=16.5103470&y=49.3410535&z=16&mrp=%7B%22c%22%3A11%2C%22a%22%3A1%2C%22tt%22%3A2%7D>

[e] ČÚZK: Český úřad zeměměřický a katastrální. [online]. [cit.2013-12-14]. Dostupné z: <http://www.cuzk.cz/>

[f] Geoportal [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z:

<http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>

- [g] Totální stanice topcon [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z:  
[http://www.geoserver.cz/zbozi\\_files/919/totalni-stanice-topcon-GPT3000LN.pdf](http://www.geoserver.cz/zbozi_files/919/totalni-stanice-topcon-GPT3000LN.pdf)
- [h] GPS Trimble [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z:  
<http://www.geotronics.cz/geodeticke-pristroje/gnss/trimble-r4-gnss-3-generace>
- [i] GPS Trimble [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: [http://www.geotronics.sk/wp-content/uploads/2014/10/CZE\\_TrimbleR4GNSS\\_DS.pdf](http://www.geotronics.sk/wp-content/uploads/2014/10/CZE_TrimbleR4GNSS_DS.pdf)

## 9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ČSN	Česká státní norma
S-JTSK	Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
Bpv	Výškový systém Baltský po vyrovnání
GNSS	Global Navigation Satellite System (Globální navigační satelitní systém)
GPS	Globální polohový systém
RTK	Real time kinematic
ROP	Regionální operační program
PPBP	Podrobné polohové bodové pole
VUT Brno	Vysoké učení technické Brno
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
PMS	Pomocná měřická síť
Ppm	part per milion

## **10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ A TABULEK**

### **9.1 OBRÁZKY**

Obr. 2 CHKO Moravský kras [a]	11
Obr. 4.1 Cyklostezka	13
Obr. 4.2 Lokalita 1 [d]	14
Obr. 4.3 Lokalita 2	14
Obr. 4.4 Bodové pole [f]	15
Obr. 4.5 PPBP č. 569	15
Obr. 5.1 Totální stanice Topcon GPT 3003N	16
Obr. 5.2 GNSS přijímač Trimble R4 [i]	17
Obr. 5.3 Přehledný náčrt bodového pole	18
Obr. 5.4 Geodetické údaje	19
Obr. 5.5 vedení náčrtu během měření	20
Obr. 5.6 Podrobné měření 1	21
Obr. 5.7 Podrobné měření 2	21
Obr. 5.8 Podrobné měření 3	21
Obr. č. 6.3.2 Ukázka technických šrafů z mapy	29

### **9.2 TABULKY**

Tab. 1 Parametry totální stanice Topcon GPT-3003N [g]	16
Tab. 2 Parametry přijímače Trimble R4 [i]	17
Tab. 3 Kontrola GNSS přijímače	17
Tab. 4 Souřadnice bodů určených metodou GNSS	22
Tab. č. 5 Ukázka testování přesnosti polohopisu	25
Tab. č. 6 Testování polohopisu	26
Tab. č. 7 Testování polohopisu	26
Tab. č. 8 Ukázka testování přesnosti výškopisu	27
Tab. č. 9 Testování přesnosti výškopisu	28
Tab. č. 10 Testování přesnosti výškopisu	28

## 11 SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č.01\_zápisníky
  - 01.01\_zapisnik\_mereni.zap
- Příloha č.02\_protokoly
  - 02.01\_gps\_protokol.txt
  - 02.02\_protokol\_bodove\_pole.pro
  - 02.03\_protokol\_podrobne\_body.pro
  - 02.04\_gps\_overeni.txt
- Příloha č.03\_souřadnice
  - 03.01\_sour\_bodove\_pole.txt
  - 03.02\_sour\_podrobne\_body.txt
- Příloha č.04\_přehledný náčrt PMS.pdf
- Příloha č.05\_testování přesnosti
  - 05.01\_testovani\_xy.pdf
  - 05.02\_testovani\_vysky.pdf
- Příloha č.06\_atributy.pdf
- Příloha č.07\_geodetické údaje
- Příloha č.08\_účelová mapa
  - 08.01\_ucelova\_mapa\_kresba.dgn
  - 08.02\_ucelova\_mapa\_body.dgn
  - 08.03\_ucelova\_mapa\_kresba.pdf
- Příloha č.09\_měřické náčrty
  - 9.01\_prehled\_kladu\_merickych\_nacrtu
  - 9.02\_nacrt\_c.1
  - 9.03\_nacrt\_c.2
  - 9.04\_nacrt\_c.3
  - 9.05\_nacrt\_c.4